

I hereby certify that this correspondence is being deposited with the United States Postal Service at first class mail in an envelope addressed to Mail Stop Amendment, Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450, on March 7, 2007.

TOWNSEND and TOWNSEND and CREW LLP

By: J. Georg Seka

DAN
PATENT

Attorney Docket No. 80432-1
Client Ref. No. CER-A3/01-US

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re application of:

GILLES ROBERT

Application No. 10/772,918

Filed: February 4, 2004

For: POWER SOURCE WITH
MINIATURIZED SOFC FUEL CELLS

Customer No. 20350

Confirmation No. 5221

Examiner: Gregg Cantelmo

Technology Center/Art Unit: 1745

TRANSMITTAL OF
PRIORITY DOCUMENT

San Francisco, CA 94111

March 7, 2007

Mail Stop Amendment
Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

A certified copy of the priority document (EP 03405091.4) is attached hereto. It is requested that its receipt be acknowledged.

Respectfully submitted,

J. Georg Seka
J. Georg Seka
Reg. No. 24,491

TOWNSEND and TOWNSEND and CREW LLP
Two Embarcadero Center, 8th Floor
San Francisco, California 94111-3834
Tel: (415) 576-0200
Fax: (415) 576-0300
JGS:jhw
60997663 v1



Europäisches
Patentamt

European
Patent Office

Office européen
des brevets

Bescheinigung

Certificate

Attestation

Die angehefteten Unterlagen stimmen mit der ursprünglich eingereichten Fassung der auf dem nächsten Blatt bezeichneten europäischen Patentanmeldung überein.

The attached documents are exact copies of the European patent application described on the following page, as originally filed.

Les documents fixés à cette attestation sont conformes à la version initialement déposée de la demande de brevet européen spécifiée à la page suivante.

Patentanmeldung Nr. Patent application No. Demande de brevet n°

03405091.4

Der Präsident des Europäischen Patentamts;
Im Auftrag

For the President of the European Patent Office

Le Président de l'Office européen des brevets
p.o.

R C van Dijk



Europäisches
Patentamt

European
Patent Office

Office européen
des brevets

Anmeldung Nr:
Application no.: 03405091.4
Demande no:

Anmelde tag:
Date of filing: 18.02.03
Date de dépôt:

Anmelder/Applicant(s)/Demandeur(s):

Sulzer Markets and Technology AG
Zürcherstrasse 12
8401 Winterthur
SUISSE

Bezeichnung der Erfindung/Title of the invention/Titre de l'invention:
(Falls die Bezeichnung der Erfindung nicht angegeben ist, siehe Beschreibung.
If no title is shown please refer to the description.
Si aucun titre n'est indiqué se referer à la description.)

Batterie mit miniaturisierten SOFC-Brennstoffzellen

In Anspruch genommene Priorität(en) / Priority(ies) claimed /Priorité(s)
revendiquée(s)
Staat/Tag/Aktenzeichen/State/Date/File no./Pays/Date/Numéro de dépôt:

Internationale Patentklassifikation/International Patent Classification/
Classification internationale des brevets:

H01M/

Am Anmelde tag benannte Vertragstaaten/Contracting states designated at date of
filing/Etats contractants désignées lors du dépôt:

AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IT LU MC NL
PT SE SI SK TR LI

Sulzer Markets and Technology AG, CH-8401 Winterthur / Schweiz

Batterie mit miniaturisierten SOFC-Brennstoffzellen

- Die Erfindung betrifft eine Batterie mit miniaturisierten SOFC-Brennstoffzellen
5 (SOFC: Solid Oxid Fuel Cell). Die Batterie enthält die Brennstoffzellen in Form
einer multimodularen Einheit, insbesondere in Form eines Stapels, dessen
Volumen vorzugsweise kleiner als 10^{-4} m^3 ist. Die Erfindung bezieht sich auch
auf Verfahren zum Betreiben sowie auf Verwendungen der Batterie.
- Elektronische Geräte, die portabel sind, befinden sich in einer Entwicklung,
10 bei der diese Geräte zunehmend komplexer werden sowie in immer
komplexere Systeme eingebunden werden. Aufgrund der Zunahme der
Komplexität wird auch der Bedarf an elektrischer Energie zum Betreiben der
Geräte bzw. Systeme laufend grösser. Die gebräuchlichen Batterien, die
wiederaufladbar sind, gelangen an Kapazitätsgrenzen. Es sind daher
15 Batterien mit miniaturisierten Brennstoffzellen vorgeschlagen worden, mit
denen die genannten Kapazitätsgrenzen überschritten werden können. Da
solche Batterien relativ klein sein müssen, ist es schwierig, elektrochemische
Prozesse zu nutzen, die bei hohen Temperaturen ablaufen. Es werden daher
miniaturisierte Brennstoffzellen entwickelt, die bei niedrigen Temperaturen mit
20 Polymer-Membranen arbeiten (Zellen des Typs PEMFC: Proton Exchange
Membrane Fuel Cell). In solchen Membranen muss aber ein minimaler
Wassergehalt aufrecht erhalten werden. Dieses Erfordernis ist schwer zu
erfüllen. Als Brennstoff wird Wasserstoff verwendet, was hinsichtlich einer
Speicherung von Nachteil ist, da mit gespeichertem Wasserstoff nur relativ
25 kleine Energiedichten möglich sind.

Wegen den Problemen mit den PEMFC-Brennstoffzellen sind trotz den
bekannten Schwierigkeiten auch SOFC-Brennstoffzellen vorgeschlagen
worden (siehe z.B. WO 0243177). Bei diesen sind Membranen aus
Festelektrolyten gebildet, die erst bei Temperaturen grösser als 500°C eine

Nachfolgend wird die Erfindung anhand der Zeichnungen erläutert. Es zeigen:

- Fig. 1 eine Übersicht über die Komponenten einer erfindungsgemässen Batterie,
 - Fig. 2 einen Querschnitt durch einen Teil einer Brennstoffzelle,
 - 5 Fig. 3 ein Schema zu den elektrischen Verbindungen der Zellen,
 - Fig. 4 einen Ausschnitt eines Zellenstapels mit Sicht auf die Anode,
 - Fig. 5 einen Ausschnitt eines Zellenstapels mit Sicht auf die Katode und
 - Fig. 6 eine Einrichtung zum Fördern der Luft.
- 10 Die in Fig. 1 gegebene Übersicht zeigt folgende Komponenten einer erfindungsgemässen Batterie 1: Einen zylindrischen Stapel 20 mit Brennstoffzellen 2; eine Einrichtung 4 zum Fördern von Luft 40; einen wärmedämmenden Hüllenteil 10, der als Längsschnitt dargestellt ist; ein austauschbares oder nachfüllbares Reservoir 5 für einen Brennstoff 50; einen Wärmetauscher 6; einen Kondensator 7; einen schalenartigen Hüllenteil 11, der auf den wärmedämmenden Hüllenteil 10 aufsteckbar ist (Steckbereich 101). Die Hüllenteile 10 und 11 werden vorteilhafterweise aus Metall gefertigt. Werden die Hüllenteile 10 und 11 im Steckbereich 101 mit einer Isolation elektrisch getrennt, so lassen sie sich – bei geeigneten Anschlüssen 70 und 20 71 an den Kondensator 7 (beispielsweise) – als Pole 12 und 13 der Batterie verwenden.
- Die Brennstoffzellen 2 können statt eines Stapels 20 auch eine andere multimodulare Einheit bilden. In einer solchen multimodularen Einheit können die Zellen 2 beispielsweise in einer Lage oder mindestens einer Lage 25 nebeneinander angeordnet sein (nicht dargestellt).

Der Brennstoff 50 (Fig. 2) kann durch ein steuerbares Ventile 51 aus dem Reservoir 5 in ein zentrales Verteilrohr 25 des Zellstapels 20 eingelassen

- Elektroden 34 bzw. 35 innere Oberflächen von gemeinsamen Elektroden-Gasräumen für die Luft 40 bzw. für den Brennstoff 50 auskleiden. Die Fig. 3 zeigt, wie bei dieser Anordnung die Elektroden 34 bzw. 35 elektrisch miteinander verbunden werden müssen, um eine serielle Schaltung zu erhalten, für welche die Klemmenspannung zwischen den Polen 12 und 13 gleich der Summe der Einzelspannungen der elektrochemisch aktiven Elementen 3 ist.
- 5

Im Betrieb der Batterie wird die Luft 40 durch axiale Kanäle 24 verteilt, die im Peripheriebereich der Zellen 2 angeordnet sind: siehe Figuren 2 und 5. Die 10 Luft 40 strömt in den Zellen 2 zuerst von Einspeisestellen 24' radial gegen die Zentralachse 15 und wird danach zurück zur Peripherie gelenkt. Aus der Luft 40 nimmt die Katode 34 Sauerstoff auf, der unter Aufnahme von Elektronen (e⁻) zu negativ geladenen Sauerstoffionen reagiert. Die Sauerstoffionen wandern durch die Festelektrolyt-Membran 30 zur Anode 35, wo sie mit dem 15 Brennstoff 50 unter Abgabe der überschüssigen Elektronen zu Wasser H₂O und CO₂ reagieren. Der Brennstoff 50, der über den zentralen Kanal 25 verteilt wird, gelangt durch radiale Kanäle 25' in die mit den Anoden 35 ausgekleideten Elektroden-Gasräume: siehe Figuren 2 und 4. Nach dem Transport durch die Elektroden-Gasräume treten die Luft 40 und der 20 Brennstoff 50 in gemeinsame Kanäle 26 ein, die zwischen den Luftkanälen 24 axial angeordnet sind und in denen eine Nachverbrennung des nur teilweise erschöpften Brennstoffs 50 zu einem heissen Abgas 60 stattfindet.

Der scheibenförmige Festelektrolyt 30 enthält erfindungsgemäß neben ionenleitenden auch elektronenleitende, einen ohmschen Verlust 25 verursachende Komponenten. Das Mengenverhältnis dieser Komponenten ist so ausgelegt ist, dass in einem Leerlaufbetrieb der Batterie 1 ein Wärmeabfluss aus den Zellen an die Umgebung durch den ohmschen Verlust kompensierbar ist. Bei einem fehlenden Bedarf an elektrischer Leistung wird die Einspeisung der Reaktanden 40, 50 in die Brennstoffzellen 2 auf einem 30 niedrigen Niveau aufrecht erhalten, so dass in diesem Leerlaufbetrieb die Temperatur in den Zellen 2 weiterhin hoch bleibt. Diese Temperatur soll so hoch sein, dass ein Übergang vom Leerlaufbetrieb in den energieliefernden Normalbetrieb innerhalb einer vorgegebenen Zeitdauer möglich ist. Diese Zeitdauer beträgt beispielsweise zehn Minuten, vorzugsweise weniger als

Die Volumina ändern gegenläufig. In einem ersten Schritt wird der grössere Behälter 46 mit Abgas 60 aus der Batterie 1 gefüllt: Ventil 61 offen; Ventil 62 geschlossen; Volumenstrom V_1' ; Druck p_1 . Aus dem kleineren, starr gekoppelten Behälter 44 wird Luft 40 in die Batterie 1 gefördert:

- 5 Rückschlagventil 41a geschlossen; Rückschlagventil 41b offen; Volumenstrom V_2' ; Druck p_2 . Dabei ist $V_2' < V_1'$; $p_2 > p_1$. Der Innendruck der Batterie, p_1 , ist grösser als der Umgebungsdruck. In der Batterie 1 nimmt die Luft 40 Wärme auf, wobei eine Volumenvergrösserung und Druckerhöhung erfolgt. Die chemischen Reaktionen, die in der Batterie stattfinden
- 10 (Elektrodenreaktionen, Nachverbrennung) tragen ebenfalls zur Volumenvergrösserung und Druckerhöhung bei. In einem zweiten Schritt wird der grössere Behälter 46 entleert: Ventil 61 geschlossen; Ventil 62 offen. Damit gekoppelt wird aus der Umgebung Luft 40 durch den Behälter 44 angesaugt. Das Abgas 60 verlässt an einer Austrittstelle 60' die Einrichtung 4.
- 15 Die zugeführte Luft 40 wird in zwei Wärmetauschern 6a und 6b mit dem im Gegenstrom transportierten Abgas 60 vorgewärmt.

Es sind weitere Mechanismen zum Einspeisen der Luft 40 in die Elektroden-Gasräume möglich. Es gilt dabei allgemein: In den mit Gasen gefüllten Brennstoffzellen 2 und Kanälen wird mittels Organen, mit denen auf den

- 20 Transport der Luft und des Abgases einwirkbar ist, ein Überdruck p_2 bzw. p_1 erzeugt. Dabei bewirkt die zugeführte Luft als Wärmesenke sowie als Reaktand zusammen mit dem Brennstoff eine thermodynamische Arbeitsleistung an den Gasen. Ein Teil der Druckenergie, die im Abgas gespeichert ist, wird dabei durch die Einrichtung zum Fördern der Luft
- 25 genutzt. Ein weiteres Beispiel für eine derartige Fördervorrichtung ist eine "Quasi-Gasturbine": Mit einer ersten Mikroturbine wird Luft angesaugt. Mit einer zweiten Mikroturbine wird die erste angetrieben. Über die zweite Mikroturbine strömt das Abgas unter einer Arbeitsleistung ab. Die Reaktions- und Verbrennungsräume der Batterie haben dabei die Funktion einer
- 30 Verbrennungskammer bei einer Gasturbine. Ein Herstellungsverfahren für Mikroturbinen ist in der US-A-6 363 712 (Sniegowski et al.) beschrieben.

Die erfindungsgemässen Batterie 1 ist als mobile Energiequelle für elektronische Geräte verwendbar, die eine relativ hohe und regelmässige

Patentansprüche

1. Batterie mit miniaturisierten SOFC-Brennstoffzellen, folgende Komponenten umfassend:
 - 5 eine mit den Brennstoffzellen (2) als Modulen gebildete multimodulare Einheit (20), deren Volumen kleiner als 10^{-3} m^3 , vorzugsweise kleiner als 10^{-4} m^3 ist,
 - 10 ein Kanalsystem (24, 25, 26), in dessen Kanälen einerseits Reaktanden, nämlich gasförmiger Brennstoff (50) sowie Luft (40), zu den Zellen (2) zuführbar sind und andererseits der in den Zellen teilweise erschöpfte Brennstoff nachverbrannt werden kann;
 - 15 eine Hülle (10, 11), die zumindest teilweise wärmedämmend ausgebildet ist,
 - 20 einen Wärmetauscher (6), der Teil des Kanalsystems ist und in dem die zugeführte Luft mit Abgas (60) aufheizbar ist,
 - 25 eine Einrichtung (4) oder Mittel zum Fördern der Luft, ein austauschbares oder nachfüllbares Reservoir (5) für den Brennstoff, der in diesem bei einem Druck gespeichert ist, der grösser als der Umgebungsdruck ist und bei dem der Brennstoff vorzugsweise flüssig ist,
 - 30 gesteuerte Ventile (51) in Verbindungsleitungen für die Reaktanden und eine Steuerung,
wobei die Brennstoffzellen jeweils einen scheibenförmigen Festelektrolyten (30) enthalten, der neben ionenleitenden auch elektronenleitende, einen ohmschen Verlust verursachenden Komponenten umfasst und das Mengenverhältnis dieser Komponenten so ausgelegt ist, dass in einem Leerlaufbetrieb der Batterie ein Wärmeabfluss aus den Zellen an die Umgebung durch den ohmschen Verlust kompensierbar ist.
2. Batterie nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Festelektrolyt aus $\text{Sr}_4\text{Fe}_6\text{O}_{13}$ dotiert mit La und/oder Ti besteht, dass er ein Perowskit der Zusammensetzung $(\text{La}, \text{Sr})(\text{Co}, \text{Fe})\text{O}_3$ ist oder dass

7. Verfahren zum Betreiben der Batterie gemäss einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass bei einem fehlenden Bedarf an elektrischer Leistung die Einspeisung der Reaktanden (40, 50) in die Brennstoffzellen (2) auf einem niedrigen Niveau aufrechterhalten erhalten wird, so dass in diesem Leerlaufbetrieb die Temperatur in den Zellen weiterhin hoch bleibt, nämlich so hoch, dass ein Übergang vom Leerlaufbetrieb in einen energieliefernden Normalbetrieb innert einer vorgegebenen Zeitdauer möglich ist, wobei diese Zeitdauer beispielsweise 10 Minuten, vorzugsweise weniger als 1 Minute beträgt.
- 10 8. Verfahren nach Anspruch 7 dadurch gekennzeichnet, dass im Leerlaufbetrieb die Temperatur der Zellen (2) kleiner als im energieliefernden Normalbetrieb ist und dass die Differenz zwischen den Temperaturen im Normalbetrieb und im Leerlaufbetrieb vorzugsweise kleiner als 100 K ist.
- 15 9. Verwendung der Batterie gemäss einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass sie als mobile Energiequelle für elektronische Geräte dient, die eine relativ hohe und regelmässige Energiezufuhr erfordern, und/oder dass sie zu einer Substitution von wiederaufladbaren Batterien dient.

Zusammenfassung

Die Batterie mit miniaturisierten SOFC-Brennstoffzellen umfasst folgende Komponenten: Einen aus den Brennstoffzellen (2) zusammengesetzten Stapel (20), dessen Volumen kleiner als 10^{-3} m^3 , vorzugsweise kleiner als 10^{-4} m^3 ist; ein Kanalsystem (24, 25, 26), in dessen Kanälen einerseits Reaktanden, nämlich gasförmiger Brennstoff (50) sowie Luft (40), zu den Zellen (2) zuführbar sind und andererseits eine Nachverbrennung des in den Zellen teilweise erschöpften Brennstoffs durchführbar ist; eine Hülle (10, 11), die zumindest teilweise wärmedämmend ausgebildet ist; einen Wärmetauscher (6), der Teil des Kanalsystems ist und in dem die zugeführte Luft mit Abgas (60) aus der Nachverbrennung aufheizbar ist; eine Einrichtung (4) zum Fördern der Luft; ein austauschbares oder nachfüllbares Reservoir (5) für den Brennstoff, der in diesem bei einem Druck gespeichert ist, der grösser als der Umgebungsdruck ist und bei dem der Brennstoff vorzugsweise flüssig ist; gesteuerte Ventile (51) in Verbindungsleitungen für die Reaktanden; ferner eine Steuerung. Die Brennstoffzellen enthalten jeweils einen scheibenförmigen Festelektrolyten (30), der neben ionenleitenden auch elektronenleitende, einen ohmschen Verlust verursachenden Komponenten umfasst. Dabei ist das Mengenverhältnis dieser Komponenten so ausgelegt, dass in einem Leerlaufbetrieb der Batterie ein Wärmeabfluss aus den Zellen an die Umgebung durch den ohmschen Verlust kompensierbar ist.

(Fig. 1)

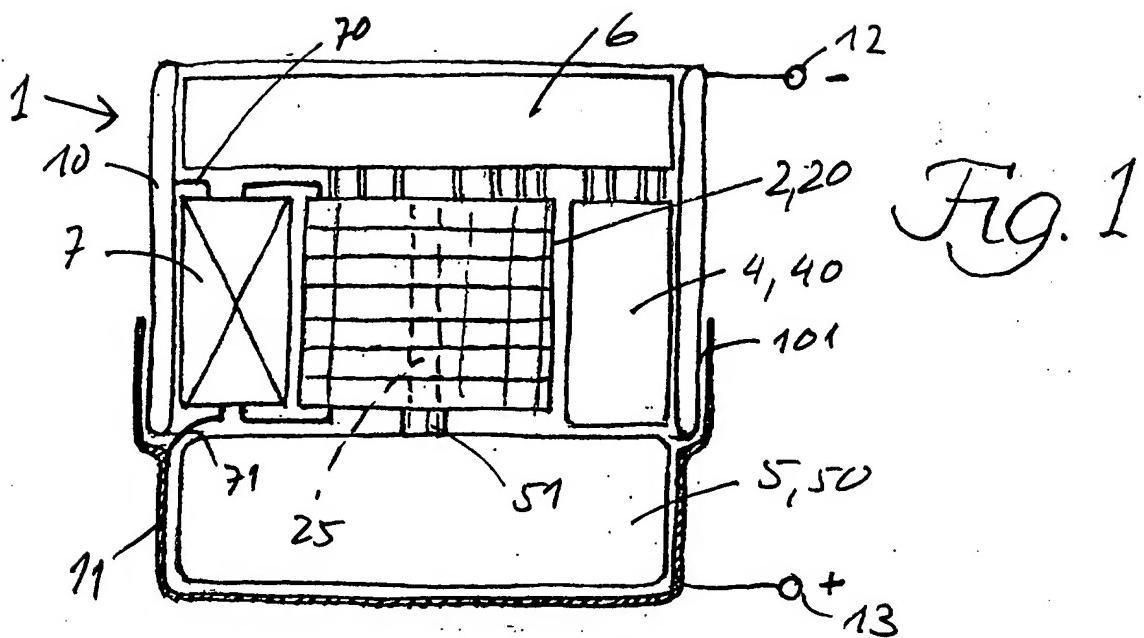


Fig. 1

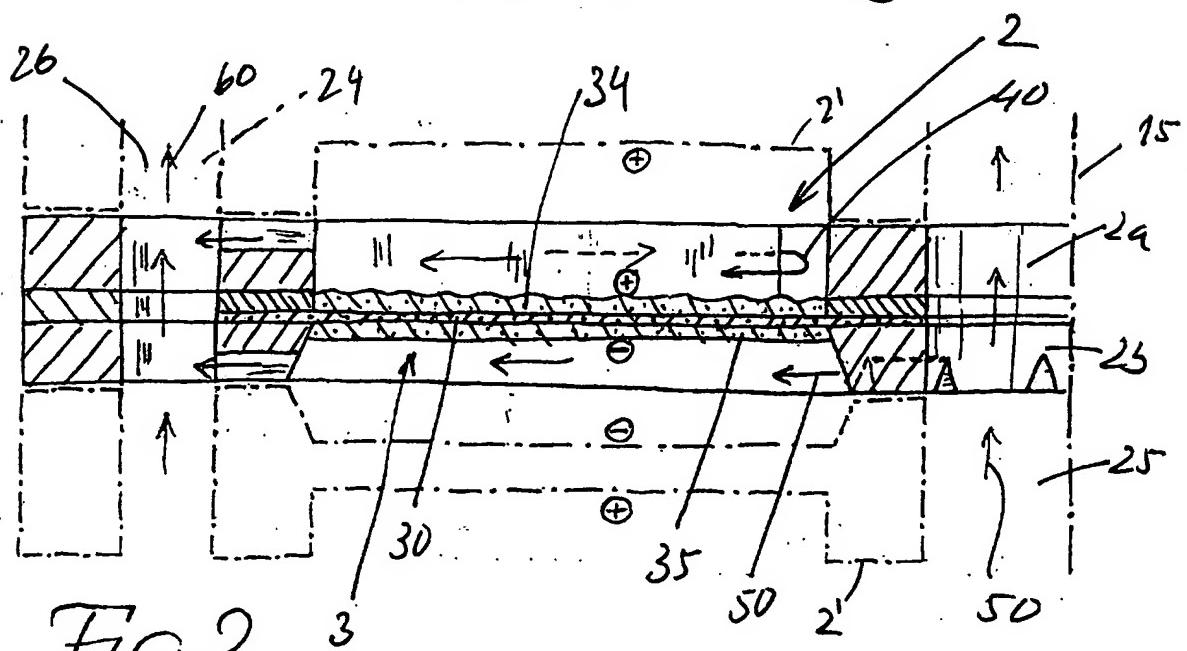


Fig. 2

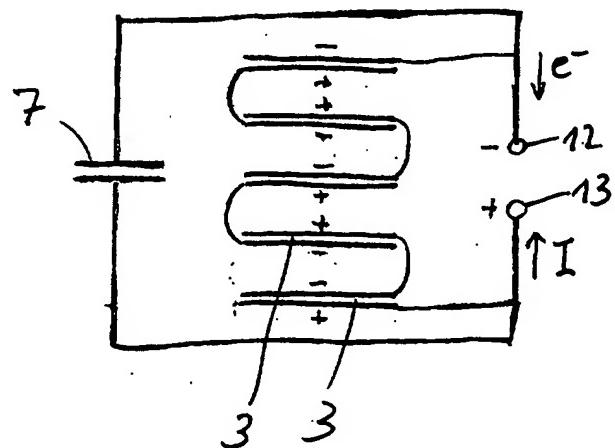


Fig. 3

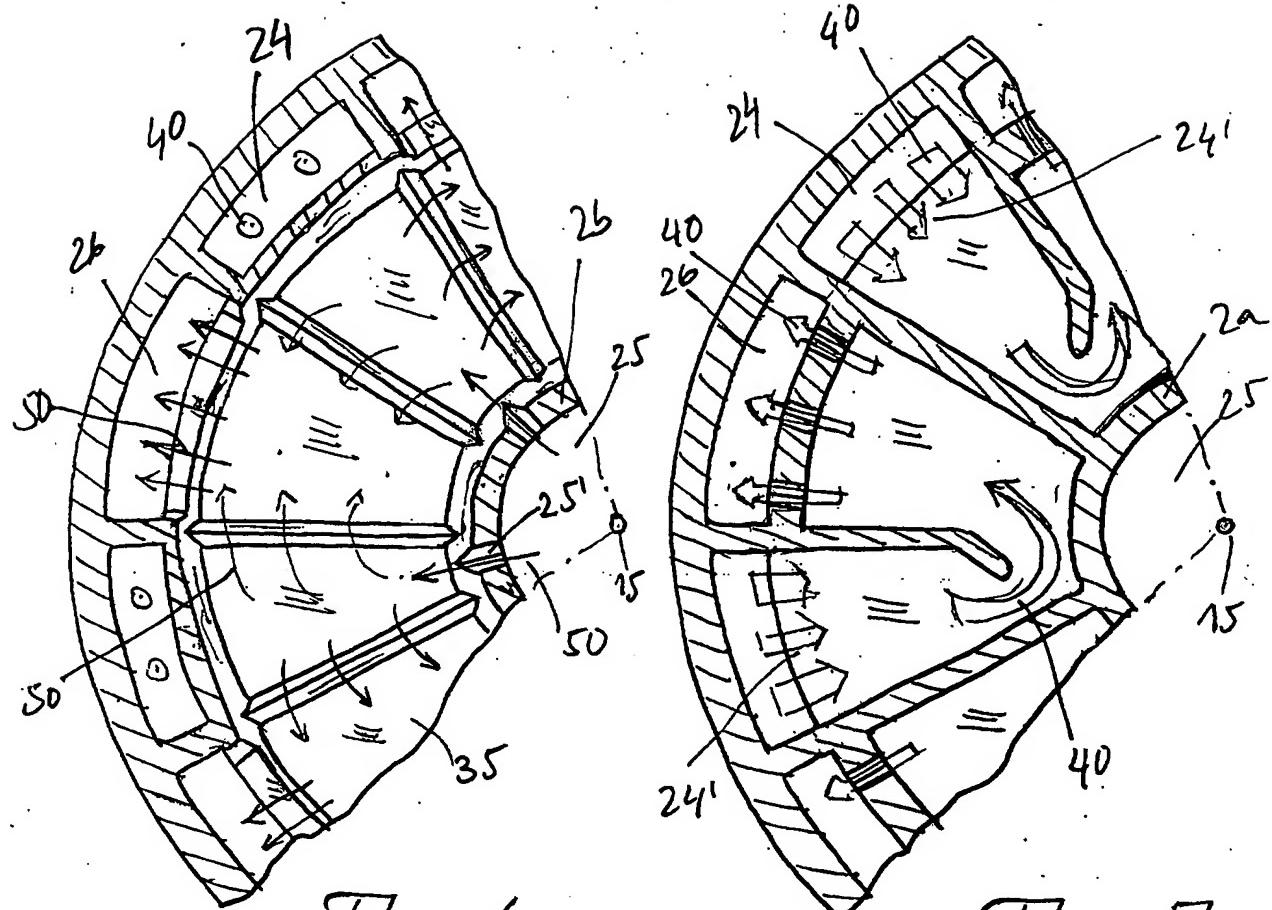


Fig. 4

Fig. 5

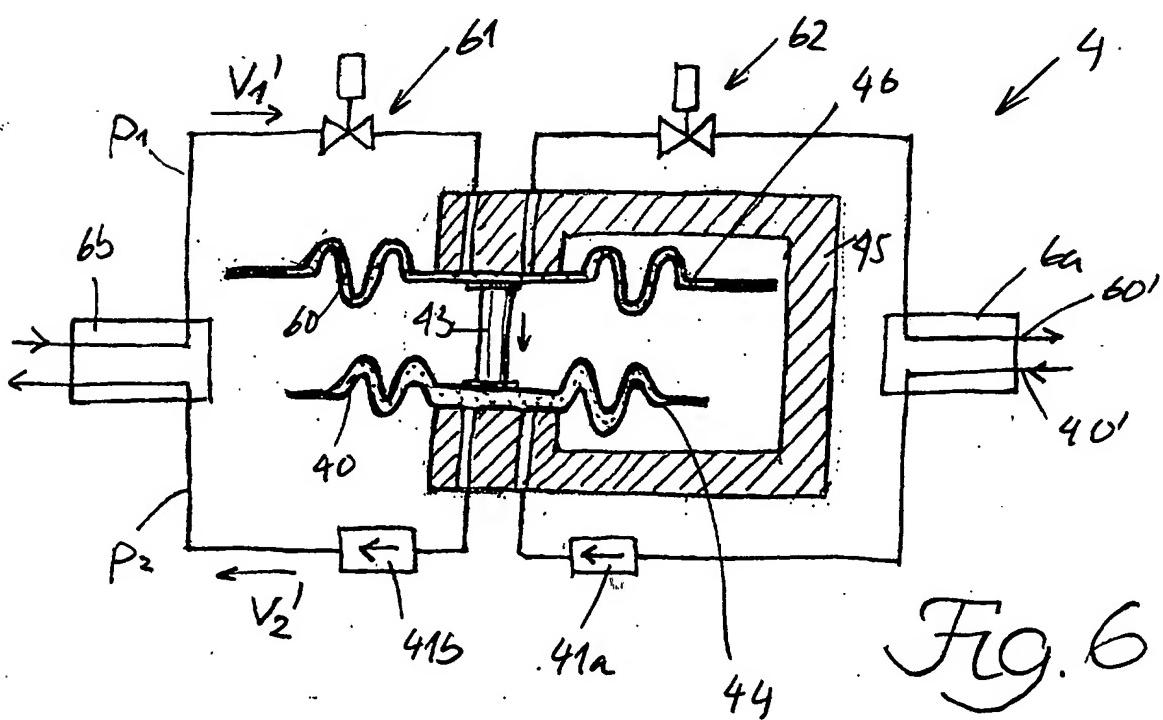


Fig. 6

- er mit Gd, Y und/oder Sm dotiertes Ceroxid ist, wobei die bei Betriebstemperatur gemessene Überführungszahl der Sauerstoffionen beim simultanen Transport der Sauerstoffionen und Elektronen einen Wert zwischen 0.6 und 0.9 hat, und dass mechanisch stabile
5 Stützstrukturen (2a, 2b) für die scheibenförmigen Festelektrolyte aus kristallinem Silicium hergestellt sind, das mittels mikrotechnischen Methoden strukturiert worden ist.
3. Batterie nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass sie einen Kondensator (7), insbesondere einen Superkondensator umfasst, mittels dem Spitzen des Leistungsbedarfs, die in der Regel intermittierend auftreten, abdeckbar sind und dass der Kondensator zumindest teilweise eine Wärmedämmung in der Hülle (10) herstellt.
10
4. Batterie nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass in den mit Gasen gefüllten Brennstoffzellen (2) und Kanälen
15 mittels Organen (44, 46, 61, 62), mit denen auf den Transport der Luft (40) und des Abgases (60) einwirkbar ist, sich ein Überdruck erzeugen lässt, wobei die zugeführte Luft als Wärmesenke sowie als Reaktand zusammen mit dem Brennstoff (50) eine thermodynamische Arbeitsleistung an den Gasen bewirkt und in der Einrichtung (4) zum
20 Fördern der Luft ein Teil der Druckenergie, die im Abgas gespeichert ist, genutzt wird.
5. Batterie nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Brennstoff (50) Butan oder Propan ist.
25
6. Batterie nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass sie eine durch die Brennstoffmenge gegebene Kapazität aufweist, dass bei vollem Brennstoffreservoir (5) die Kapazität der Batterie (1) mindestens 3000 mAh beträgt, dass die in Serie geschaltenen Brennstoffzellen (2) eine Klemmenspannung von 3.6 V erzeugen und dass die Batterie einen Durchmesser zwischen 2 und 3 cm und eine
30 Höhe zwischen 2.5 und 3.5 cm hat.

Energiezufuhr erfordern. Sie lässt sich auch zu einer Substitution von wiederaufladbaren Batterien verwenden.

eine Minute. Im energieliefernden Betrieb (elektrische Leistung rund 1 W; Wärmeleistung rund 1.5 W) soll die Aussenseite der Batterie 1 nicht wärmer als rund 30°C und im Leerlaufbetrieb (elektrische Leistung rund 0.05 W; Wärmeleistung rund 0.3 W) weniger warm, beispielsweise 25°C sein. Im

- 5 Leerlaufbetrieb ist also die Temperatur der Zellen 2 kleiner als im energieliefernden Normalbetrieb. Die Differenz zwischen den Temperaturen im Normalbetrieb und im Leerlaufbetrieb ist vorzugsweise kleiner als 100 K.

Der mischleitende Festelektrolyt kann aus $\text{Sr}_4\text{Fe}_6\text{O}_{13}$ bestehen, das mit La und/oder Ti dotiert ist; er kann ein Perowskit der Zusammensetzung (La,

- 10 $\text{Sr})(\text{Co, Fe})\text{O}_3$ sein; oder vorzugsweise Ceroxid, $\text{CeO}_{2-\epsilon}$ ($\epsilon \leq 0.2$), das mit Gd, Y und/oder Sm dotiert ist. Die Überführungszahl der Sauerstoffionen beim simultanen Transport von Sauerstoffionen und Elektronen muss einen Wert zwischen 0.6 und 0.9 annehmen. (Die Überführungszahl - engl. "transference number" - gibt das Verhältnis zwischen dem Strom der Sauerstoffionen und 15 jenem der Elektronen an.) Dabei muss die Überführungszahl bei Betriebstemperatur gemessen werden.

Die erfindungsgemäße Batterie umfasst mit Vorteil einen Kondensator 7, insbesondere einen Superkondensator (siehe Figuren 1 und 3), mittels dem Spitzen des Leistungsbedarfs, die in der Regel intermittierend auftreten,

- 20 abdeckbar sind.

Der Brennstoff 50 ist mit Vorteil Butan oder Propan. Die Batterie 1 weist eine durch die Brennstoffmenge gegebene Kapazität auf. Bei vollem Brennstoffreservoir 5 beträgt die Kapazität der Batterie 1 mindestens 3000 mAh. Die in Serie geschaltenen Brennstoffzellen 2 erzeugen eine

- 25 Klemmenspannung von 3.6 V. Die Batterie hat einen Durchmesser zwischen 2 und 3 cm und eine Höhe zwischen 2.5 und 3.5 cm.

Fig. 6 zeigt in schematischer Darstellung eine Einrichtung 4 zum Fördern der Luft 40, die an einer Eintrittsstelle 40' angesaugt wird. Zum Ansaugen werden zwei verschieden grosse Behälter 44 und 46 verwendet, die balgartig

- 30 ausgebildet sind, die durch starre Verbindungen 43 und 45 gekoppelt sind und deren Volumina jeweils zwischen einem minimalen Volumen, das praktisch Null ist, und einem maximalen Volumen geändert werden können.

- werden. Die Batteriekomponente für eine Steuerung ist nicht dargestellt. Das Reservoir 5 ist austauschbar oder nachfüllbar. Der Brennstoff 50 ist bei einem Druck gespeichert, der grösser als der Umgebungsdruck ist und bei dem der Brennstoff 50 vorzugsweise als eine flüssige Phase vorliegt. Die
- 5 erfindungsgemässe Batterie 1 umfasst ein Kanalsystem, in dessen Kanälen einerseits die Reaktanden, nämlich der gasförmige Brennstoff 50 sowie die Luft 40, zu den Zellen 2 zuführbar sind und andererseits eine Nachverbrennung des in den Zellen 2 teilweise erschöpften Brennstoffs durchführbar ist. Die Nachverbrennung lässt sich katalytisch bei
- 10 Temperaturen höher als 250°C durchführen.

Beim beschriebenen Ausführungsbeispiel ist der Festelektrolyt kreisförmig. Der Zellstapel 20 kann auch prismatisch ausgebildet sein, beispielsweise mit einer quadratischen Grundfläche, so dass der Festelektrolyt entsprechend eine quadratische Form haben muss. Statt der separaten Einrichtung 4 zum Fördern von Luft 40 sind auch andere Transportmittel möglich, nämlich beispielsweise ein System von im Zellstapel 20 integrierten Düsen, in dem der gasförmige Brennstoff mit dessen Druck als treibender Kraft für den Luftransport verwendbar ist.

- In Fig. 2 ist als Querschnitt ein links von einer Mittellinie 15, d. h. der
- 20 Zentralachse des Stapels 20 liegender Teil der Brennstoffzelle 2 gezeigt. Diese Zelle besteht aus einem ersten strukturierten Teil 2a, einem zweiten strukturierten Teil 2b und einem elektrochemisch aktiven Element 3, das eine Membran 30 aus einem Festelektrolyten sowie zwei schichtförmige Elektroden, nämlich eine Katode 34 und eine Anode 35 umfasst. In den
- 25 Figuren 4 und 5 ist die Architektur der beiden Teile 2a und 2b ersichtlich. Sie bilden mechanisch stabile Stützstrukturen für die Festelektrolyt-Membranen 30, die homogen und unstrukturiert sind, und können vorzugsweise aus monokristallinem Silicium hergestellt werden. Dieser Werkstoff wird mittels mikrotechnischen Methoden, insbesonder Ätzverfahren strukturiert (z. B.
- 30 "back-etching" des anodenseitigen Teils 2b. Siehe beispielsweise die bereits genannte WO 0243177).

Benachbarte Zellen 2 und 2' (strichpunktiert dargestellt) sind jeweils spiegelsymmetrisch so zu einander angeordnet, dass gleichnamige

genügend hohe Ionenleitfähigkeit haben. Als Brennstoffe können beispielsweise Propan oder Butan verwendet werden, die in verflüssigter Form vorteilhafterweise relativ hohe Energiedichten aufweisen.

- Aufgabe der Erfindung ist es, eine weitere Batterie mit miniaturisierten SOFC-Brennstoffzellen zu schaffen, die sich als eine mobile Quelle von elektrischer Energie verwenden lässt. Diese Aufgabe wird durch die im Anspruch 1 definierte Batterie gelöst.
- 5

Die Batterie mit miniaturisierten SOFC-Brennstoffzellen umfasst folgende Komponenten: Einen aus den Brennstoffzellen zusammengesetzten Stapel oder eine andere multimodulare Einheit, mit einem Volumen, das kleiner als 10^{-3} m^3 , vorzugsweise kleiner als 10^{-4} m^3 ist; ein Kanalsystem, in dessen Kanälen einerseits Reaktanden, nämlich gasförmiger Brennstoff sowie Luft, zu den Zellen zuführbar sind und andererseits eine Nachverbrennung des in den Zellen teilweise erschöpften Brennstoffs durchführbar ist; eine Hülle, die zumindest teilweise wärmedämmend ausgebildet ist; einen Wärmetauscher, der Teil des Kanalsystems ist und in dem die zugeführte Luft mit Abgas aufheizbar ist; eine Einrichtung zum Fördern der Luft; ein austauschbares oder nachfüllbares Reservoir für den Brennstoff, der in diesem bei einem Druck gespeichert ist, der grösser als der Umgebungsdruck ist und bei dem der Brennstoff vorzugsweise flüssig ist; gesteuerte Ventile in Verbindungsleitungen für die Reaktanden; ferner eine Steuerung. Die Nachverbrennung ist nicht notwendigerweise erforderlich. Die Brennstoffzellen enthalten jeweils einen scheibenförmigen Festelektrolyten, der neben ionenleitenden auch elektronenleitende, einen ohmschen Verlust verursachenden Komponenten umfasst. Dabei ist das Mengenverhältnis dieser Komponenten so ausgelegt, dass in einem Leerlaufbetrieb der Batterie ein Wärmeabfluss aus den Zellen an die Umgebung durch den ohmschen Verlust kompensierbar ist.

10

15

20

25

Die abhängigen Ansprüche 2 bis 6 betreffen vorteilhafte Ausführungsformen der erfindungsgemässen Batterie. Verfahren zum Betreiben der erfindungsgemässen Batterie sind jeweils Gegenstand der Ansprüche 7 bis 8. Der Anspruch 9 bezieht sich auf eine Verwendung der Batterie.

30